

# **Procedimiento para la mejora de sistemas manuales de order picking mediante la integración de estrategias de slotting**

**Erik Maldonado Ascanio**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia, erik.maldonado60@uautonoma.edu.co

**Luis Ramírez Polo**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia, luis.ramirez@uac.edu.co

**Juan Escorcía Caballero**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia, juan.escorcía52@uautonoma.edu.co

**Daniel Romero Rodríguez**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia, daniel.romero37@uac.edu.co

**Carlos Paternina Arboleda**

Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, cpaterni@uninorte.edu.co

## **ABSTRACT**

The continuing trend toward greater product variety and shorter response times, has caused that the distribution centers present a great emphasis on the ability to establish flexible and efficient logistics operations. The product collection process has been identified as one of the main areas for the improvement in logistics operations, since this generate a large percentage of the time and cost of distribution centers. This research has a procedure for the enhancement of manual order picking systems by integrating slotting strategies, which was compared with other methods found in the literature, using a simulation model and evaluating indicators.

**Keywords:** distribution center, manual order picking systems, locations assignment, slotting strategies, grouping of families.

## **RESUMEN**

La constante tendencia hacia una mayor variedad de productos y menores tiempos de respuesta, ha originado que en los centros de distribución se presente un gran énfasis en la habilidad de establecer operaciones logísticas flexibles y eficientes. El proceso de recolección de productos ha sido identificado como uno de los principales aspectos a mejorar en las operaciones logísticas, debido a que en este se genera un gran porcentaje de los tiempos y costos de los centros de distribución. En esta investigación se presenta un procedimiento para la mejora de sistemas manuales de order picking mediante la integración de estrategias de slotting, el cual, fue comparado con otros procedimientos encontrados en la literatura, a través de un modelo de simulación de un centro de distribución real.

**Palabras claves:** centro de distribución, sistemas manuales de recolección de pedidos, asignación de ubicaciones, estrategias de slotting, agrupación por familias.

## 1. INTRODUCCIÓN

De los procesos que componen un centro de distribución, muchos autores y profesionales en el campo del almacenamiento consideran el "Order Picking" como uno de los más importantes (Jarvis & Edward, 1991), (Petersen, C. G., & Aase, G., 2004), (Randolph, W., 1993), (Roodbergen, K. J., & Koster, R. É., 2001) y (Tompkins, J. A., 2010). Se ha determinado que los costos de este proceso pueden ascender hasta el 55% del costo total, y el tiempo invertido en las operaciones del mismo abarca el 50% del tiempo total invertido en todos los procesos, siendo esta una función creciente a la distancia que debe recorrer el operario (Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T., 2008), por lo tanto, se convierte en el punto clave para llevar a cabo mejoras.

Por varios años se han desarrollado políticas para encontrar la solución al problema de asignación, entre las más representativas y de interés para esta investigación encontramos el almacenaje basado en clases (Class-based storage), en donde los productos son divididos en clases de acuerdo en la demanda utilizando el conocido método de Pareto (De Koster, R. et. al., 2007). En la metodología de clases se lleva a cabo una jerarquización típicamente en tres tipos, nombradas A, B y C de acuerdo con el movimiento que presentan los productos (rápido, medio, lento). Sin embargo, en muchos casos la variedad de productos que se presentan en un centro de distribución puede ser un problema para la clasificación de los productos, y su posterior control de almacenamiento, y de las órdenes a despachar, en algunos casos, la cantidad de productos pueden ascender a más de 8000 SKUs (productos, Stock Keeping Units), Además, existen ítems con volúmenes inferiores a 6 litros, y otros que exceden las medidas de la estiba convencional, adicionalmente, se presentan productos cuyas características no permiten ser almacenados en la cercanía de otros.

En la presente investigación se presenta un procedimiento de order picking, realizando primeramente una agrupación de familias teniendo en cuenta las características inherente a cada producto, y posteriormente aplicando el método basado en clases se realiza una la asignación de ubicaciones de las familias en las estanterías, teniendo en cuenta la rotación y tipo de almacenamiento de los productos dentro de las mismas.

## 2. PROCEDIMIENTOS DE ASIGNACIÓN DE UBICACIONES

Entre los años 1976 y 1978 los autores (Hausman, W. H. et. al., 1976), (Graves, S. C et. al., 1977), (Schwarz, L. B. et. al., 1978) introdujeron el diseño, planeación y control de los sistemas de almacenamiento, debido que en esta época el interés de las empresas pasó del mejoramiento de la productividad hacia la reducción del inventario con el desarrollo de nuevos sistemas de información como el MRP-II (Manufacturing Resources Planning) y de la filosofía del justo a tiempo (Just-In-Time). Estos nuevos adelantos demandaron para los centros de distribución un despacho de bajos volúmenes con más frecuencia, y tiempos de respuesta más cortos, además, la variedad de productos manejados tuvo un incremento significativo, por lo cual surge la necesidad de reexaminar los procesos convencionales y elaborar métodos de mejora.

El proceso de "picking" está directamente relacionado con el tiempo de viaje que le toma a un operario en recoger los productos de una orden, y está en función creciente a la distancia que debe recorrer, por lo que se considera una actividad que "no crea valor" y es el primer candidato para mejorar en los procesos logísticos de un centro de distribución (Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T., 2008). Como el objetivo principal corresponde a la reducción de la distancia recorrida, toma importancia la ubicación de los productos en el centro de distribución, conocida como "Slotting", de tal manera que los productos con más alta rotación se encuentren en posiciones cercanas a las zonas de cargue/descargue y así el operario pueda disminuir su tiempo de viaje. Sin embargo, menos del 15% de los centros de distribución son los que llevan a cabo un adecuado control de la distribución de los SKUs (Frazelle, E., 2002).

El problema mencionado anteriormente, es conocido en la literatura como SLAP por sus siglas en inglés (Storage Location Assignment Problem), y busca resolver como asignar los SKUS o productos en las ubicaciones de almacenamiento disponibles en los estantes. Un método para la asignación de ubicaciones es un grupo de reglas que permitan llevar a cabo esta labor, y según Le-Duc, T. (2005) algunos de los presentados en la literatura son: Asignación Aleatoria (sitúa los productos de manera aleatoria en las ubicaciones disponibles), Asignación por ubicación dedicada (cada elemento tiene su lugar de almacenamiento propio, los lugares de almacenamiento más

cercano al depósito normalmente se reserva para los artículos con un alto volumen de ventas y una ocupación de poco espacio de almacenamiento), Asignación basada en clases (asigna los productos a ubicaciones por medio de una agrupación. Las clases son basadas en la frecuencia de picking o la demanda), y asignación basada en agrupación por familias (Agrupa aquellos productos que son más probables a aparecer en una orden, o aquellos que sean probables que se encuentren en la misma ruta de recolección).

En la siguiente sección se presenta el procedimiento desarrollado para la mejora de sistemas manuales de order picking mediante la integración de estrategias de slotting.

### 3. PROCEDIMIENTO MEDIANTE INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SLOTTING

Para el desarrollo del procedimiento, se diseñó una metodología que tuviera en cuenta la demanda de los productos, por lo cual se toma la información de salidas de productos del centro de distribución de un periodo de tiempo representativo. Con esta información, se ordenan los productos de mayor a menor, de acuerdo, a la cantidad en líneas (Número de veces que fue requerido el producto) y las unidades totales requeridas del producto en el periodo de tiempo. Esto se hace, debido a que algunos Skus pueden ser pedidos pocas veces pero en grandes cantidades, originando varios viajes para su recolección, o pueden ser pedidos muchas veces pero en pocas cantidades, de tal modo que se debe recolectar en un solo viaje por orden de compra. De acuerdo a lo anterior, se definieron 5 niveles para la clasificación de los productos teniendo en cuenta su rotación, y se realizó una clasificación de productos con base en la cantidad en líneas y otra de acuerdo con las unidades totales requeridas. En la siguiente tabla se presenta cada nivel de las clasificaciones con su respectivo porcentaje acumulado, tanto para clasificación con cantidad en líneas, como en unidades.

**Tabla 1: Clasificación de los productos por rotación.**

| CATEGORÍA | PORCENTAJE ACUMULADO |
|-----------|----------------------|
| AA        | 51                   |
| A         | 80                   |
| B         | 90                   |
| C         | 95                   |
| CC        | 100                  |

Los productos que más rotan por líneas o unidades son los definidos como AA y A. siendo estos los primeros candidatos a ser colocados en los primeros niveles, ya que representarían el 80% de las salidas totales. Los productos clasificados como B serán los intermedios, y siguientes a ser colocados en las ubicaciones cercanas al muelle en caso que todos los productos de alta rotación sean asignados. Por último los productos en las categorías C y CC, las cuales representa el 10% serán los últimos en ser ubicados.

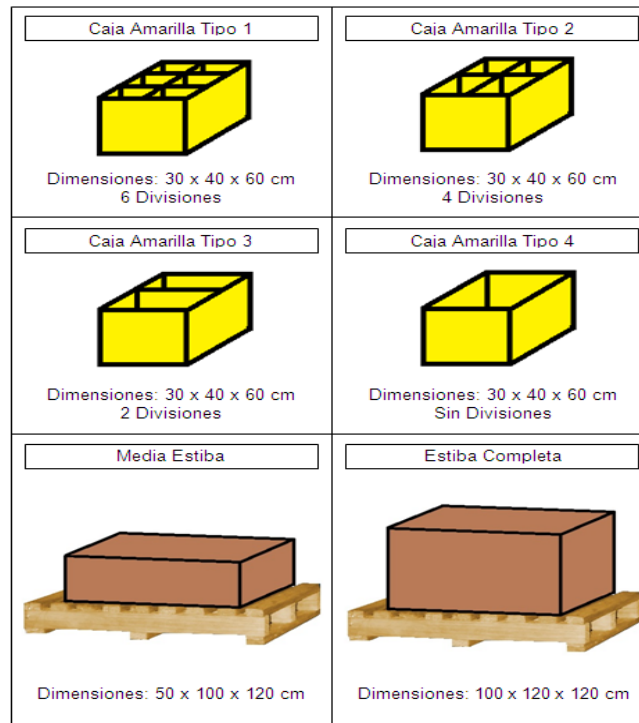
A partir de la clasificación realizada, se debe determinar un puntaje para cada nivel de la misma, el cual servirá para establecer cuáles familias serán asignadas de primero en las posiciones de almacenamiento. El puntaje otorgado para categoría es el siguiente:

**Tabla 2: Puntaje de los productos por rotación.**

| CATEGORÍA | PUNTAJE |
|-----------|---------|
| AA        | 10      |

|    |   |
|----|---|
| A  | 8 |
| B  | 6 |
| C  | 4 |
| CC | 2 |

Es muy importante en cualquier sistema de almacenamiento, determinar qué cantidad de ubicaciones se debe mantener para cada uno de los productos. Además, según el volumen y las dimensiones de los productos manejados se debe tener en cuenta el tipo de almacenamiento que se requiere para asignar la ubicación, generalmente, en los métodos encontrados en la literatura, solo se tiene en cuenta el almacenamiento en estibas. En la siguiente figura se presentan los tipos de almacenamientos más comunes en un centro de distribución.



**Figura 1: Tipos de almacenamiento**

La asignación de los tipos y su cantidad se dividirá en dos partes, la primera donde se evalúa la característica unitaria del producto, en el cual se determina, basado en dimensiones, los tipos de almacenamiento en el que el cada producto podrá ser almacenado, y la segunda parte, se determina la cantidad requerida de cada tipo de almacenamiento teniendo en cuenta los requerimientos de los mismos para cada periodo.

De acuerdo a la anterior, al momento de realizar la asignación de los puntajes a cada familia, se debe tener en cuenta los tipos de almacenamiento, es decir, dentro de cada familia pueden existir productos que requieren diferentes tipos de almacenamiento, por tanto, se discrimina por familia y por tipo de almacenamiento. En la siguiente ecuación se presenta el cálculo del puntaje de familia por tipo de almacenamiento:

$$\text{Puntaje de familia por tipo almacenamiento} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Punt. línea}_i + \text{Punt. Unidades}_i}{n} \quad Y f, t$$

### Ecuación 1: Puntaje de familia por tipo de almacenamiento.

donde

$n_i$  es la cantidad de productos en una familia que requieren un tipo específico de almacenamiento

$f_i$  es la cantidad de familia familias definidas en el centro de distribución

$t$ : Cantidad de tipos de almacenamientos requeridos

Finalmente, al determinar el puntaje de todas las familias por tipo de almacenamiento, se pueden ordenar de mayor a menor, y se asignan las de mayor puntaje a los lugares más cercanos. En la siguiente figura se muestra la asignación concéntrica esperada de los productos en el centro de distribución de acuerdo a los puntajes obtenidos por familia.

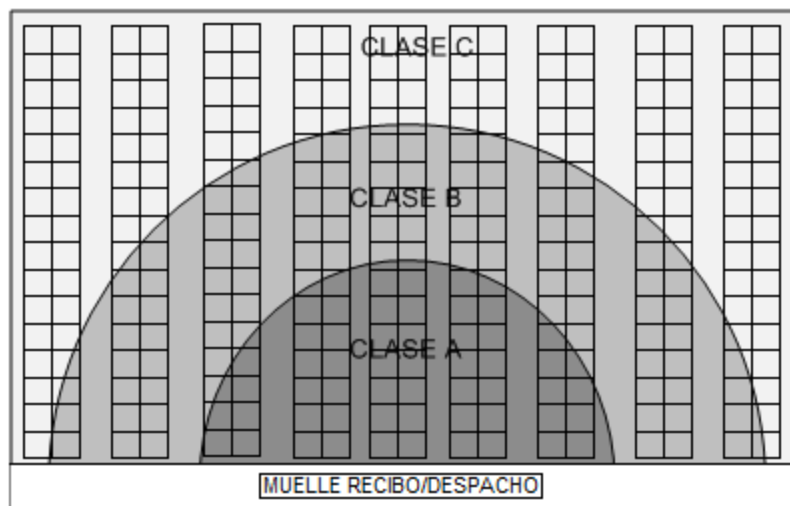


Figura 2: Almacenamiento concéntrico en pasillos con base al muelle.

Al momento de asignar las ubicaciones de las familias se espera que aquellas que posean mayor cantidad de productos con niveles de rotación altos, sean las familias ubicadas en la zona de la clase A, y aquellas que tengan un número menor serán establecidas en posiciones (clases B y C) más alejadas del muelle. Seguidamente se resumen los pasos que se deben realizar en el procedimiento de asignación propuesto en esta investigación:

1. Clasificar los productos en categorías de acuerdo al método basado en clases, se deben hacer dos clasificaciones por cantidades en líneas y por unidades totales requeridas.
2. Definir los tipos de almacenamiento que utiliza el centro de distribución.
3. Obtener el puntaje de las familias de productos por tipo de almacenamiento, mediante la ecuación 1
4. Ordenar de mayor a menor las familias de productos por tipo de almacenamiento, de acuerdo al puntaje obtenido
5. Ubicar las familias de mayor puntaje en los lugares cercanos por medio del almacenamiento concéntrico en pasillos.

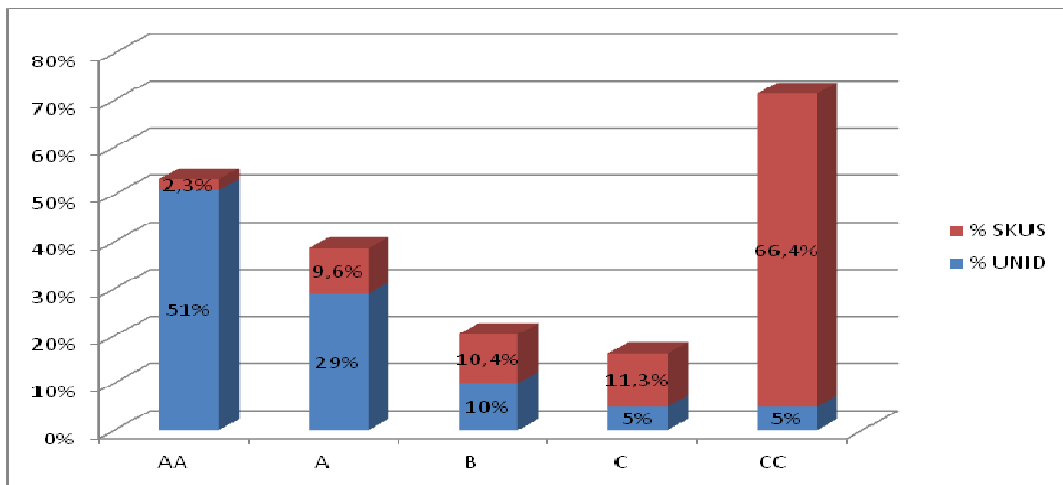
Posteriormente se muestran los resultados obtenidos de un caso estudio, en un centro de distribución ubicado en Cundinamarca, Colombia.

#### 4. RESULTADOS CASO ESTUDIO

La aplicación del método de slotting propuesto en esta investigación fue evaluado por simulación en un centro de distribución dedicado a comercializar una alta gama de productos, entre los cuales tenemos: equipos digitales, electrodomésticos, productos e insumos para uso agrícola, materiales de construcción, productos eléctricos, artículos de ferretería, pinturas, productos varios para el hogar, entre otros. Además del procedimiento propuesto, se simularon el método aleatorio, y el método basado en clases, con el fin de realizar una comparación de los resultados obtenidos.

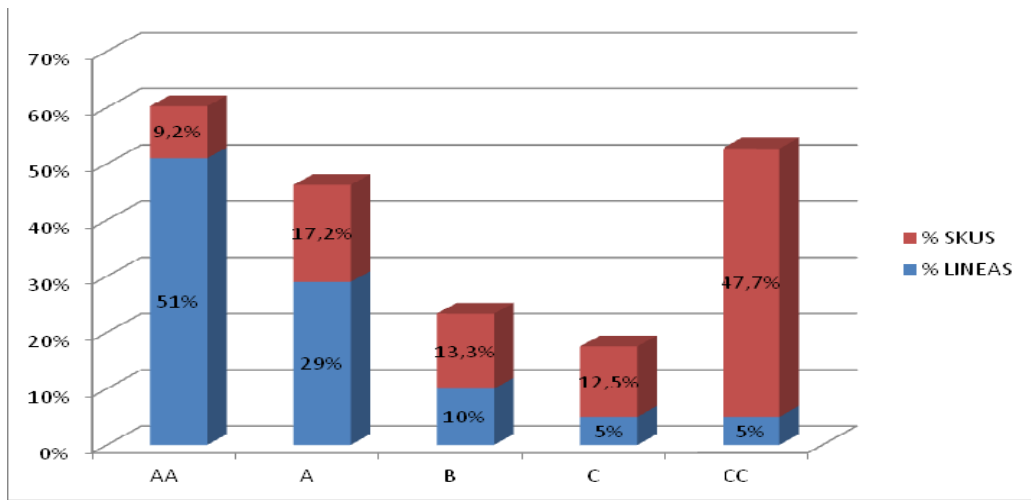
##### 4.1. CLASIFICACIÓN EN CATEGORÍAS

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos en la clasificación de los productos por unidades totales y por cantidad en línea. Los resultados de los aportes son los siguientes:



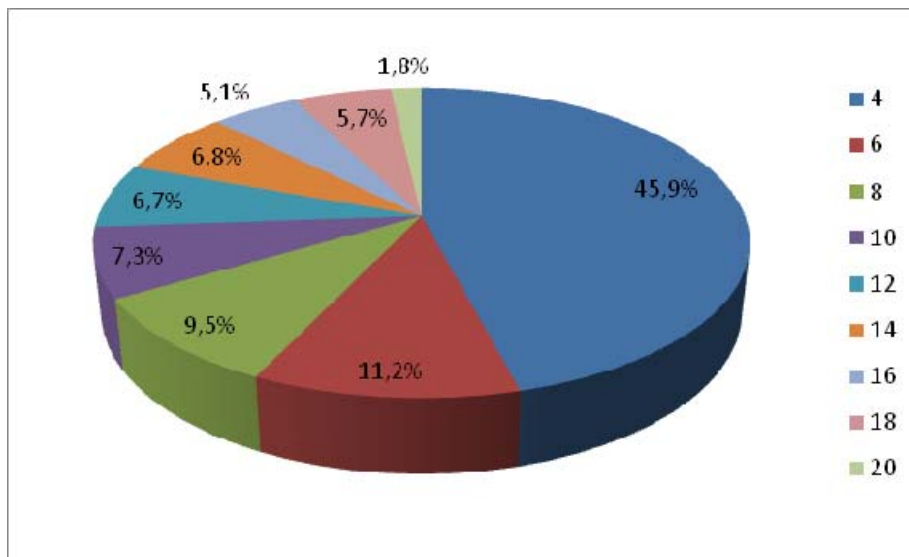
**Figura 2: Aporte de los SKUS al total de unidades.**

En la figura anterior se observa que la categoría AA, el 2,3% de los productos representa el 51% del total de unidades requeridas en el centro de distribución, y junto con la categoría A, se tiene que aproximadamente un 12% de los productos, representa el 80 % de las unidades requeridas al centro de distribución. Como contraste se tiene que casi dos tercios de los productos solo aporta el 5% de las salidas en unidades. Esto demuestra los muchos productos considerados triviales que posee el centro de distribución. Para la cantidad en líneas los resultados se observan en el siguiente gráfico.



**Figura 3: Aporte de los SKUS al total de líneas.**

Finalmente en el siguiente grafico se observa el porcentaje de producto en cada puntaje posible al aplicar las dos clasificaciones e implementar la ecuación [1].



**Figura 4: Cantidad de SKUS por puntaje.**

#### 4.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE ORDER PICKING DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO, CON EL MÉTODO DE ASIGNACIÓN ALEATORIO, Y ASIGNACIÓN BASADA EN CLASES TRADICIONAL.

En la siguiente tabla se presenta de forma resumida los resultados obtenidos en los 3 procedimientos evaluados:

**Tabla 3: Resultados de simulación para los 3 métodos.**

| Método           | Líneas | Distancia (Mts.) | Mts. por Línea |
|------------------|--------|------------------|----------------|
| Aleatorio        | 17356  | 140641           | 8,10           |
| Basado en Clases | 19854  | 145317           | 7,32           |
| Propuesto        | 19422  | 145081           | 7,47           |

Como se puede notar, existe una similitud en los resultados obtenidos en el método basado en clases y el método propuesto, tanto en las líneas procesadas como en la distancia recorrida por los operarios de picking, esto se da, debido a que el método propuesto tiene como fundamentación el método asignación basado en clases tradicional, sin embargo, el método desarrollado provee una ventaja sobre este, la cual se fundamenta en la importancia de la agrupación por familias y por tipo de almacenamiento para los sistemas manuales, en donde el operario es el encargado de trazar las rutas de recolección de las ordenes, y por ende, la facilidad para la habituación a las posiciones de almacenamiento con este método permitirá la reducción de la distancia recorrida.

En la literatura vimos que el método aleatorio es el de menos requerimiento de ubicaciones, seguido por el método basada en clases, el cual posee una mayor necesidad de espacio (Le-Duc, T., 2005). Seguidamente se presenta la cantidad de productos que se lograron asignar a la estructura a continuación.

**Tabla 4: SKUS asignados en cada método por tipo de almacenamiento.**

| Método    | Tipo 1 – 4 | Tipo 5 | Tipo 6 | SKUS Totales |
|-----------|------------|--------|--------|--------------|
| Aleatorio | 2089       | 590    | 89     | 2768         |
| ABC       | 918        | 590    | 68     | 1576         |
| Propuesto | 1257       | 590    | 70     | 1917         |

Con respecto a esta métrica apreciamos que la comparación de metodologías el método propuesto se ubica entre el aleatorio y el basado en clases, por lo que se considera que se obtuvo un buen resultado en este ámbito. En general, la investigación ha arrojado un procedimiento que permitirá el cumplimiento del objetivo de reducir la distancia recorrida en el proceso de order picking, y además se obtienen ventajas en ahorro de almacenamiento en las estructuras dedicadas a picking en el centro de distribución

## 5. CONCLUSIONES

La metodología que se planteó busca ser una solución a una necesidad empresarial para las empresas que no posean niveles de automatización elevados, por tanto, el operario cumple un rol importante para el manejo de las ordenes, ya que son los encargados de trazar las rutas de recolección a partir de la experiencia y conocimiento de las ubicaciones. De acuerdo a esto, al realizar la ubicación de productos por familia y por tipo de almacenamiento permitirá una mayor comprensión y trazabilidad de las rutas en la bodega, facilitando las labores y la concentración de la fuerza de trabajo en áreas específicas que se identifiquen como de alta rotación, sin aumentar la distancia recorrida

Las ventajas al utilizar este procedimiento propuesto en la presente investigación se pueden justificar en la consideración de los siguientes aspectos para asignar la ubicación de los productos: la tasa de demanda de los productos en un periodo de tiempo, niveles de rotación, características y dimensiones particulares de los



productos, agrupación por familia de producto para evitar la mezcla de productos que no se pueden almacenar juntos, y crear costumbre en las ubicaciones dedicadas y en el uso de distintos tipos de almacenamiento.

## 6. REFERENCIAS

- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2008). "Warehouse & distribution science". URL [Http://www2.Isye.Gatech.edu/jjb/wh/book/editions/wh-Sci-0.87.Pdf](http://www2.Isye.Gatech.edu/jjb/wh/book/editions/wh-Sci-0.87.Pdf), Accessed July, 2008, 151-163
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). "Design and control of warehouse order picking: A literature review". *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481-501.
- Frazelle, E. (2002). "World-class warehousing and material handling" McGraw-Hill Professional, 147-180.
- Goetschalckx, M., & Ashayeri, J. (1989). "Classification and design of order picking". *Logistics Information Management*, 2(2), 99-106.
- Graves, S. C., Hausman, W. H., & Schwarz, L. B. (1977). "Storage-retrieval interleaving in automatic warehousing systems". *Management Science*, 935-945.
- Hausman, W. H., Schwarz, L. B., & Graves, S. C. (1976). "Optimal storage assignment in automatic warehousing systems". *Management Science*, 629-638.
- Heskett, J. L. (1963). "Cube-per-order index-a key to warehouse stock location. *Transportation and Distribution Management*", 3(4), 27-31.
- Jarvis & Edward, D. M. (1991). "Optimal product layout in an order picking warehouse". *IIE Transactions*, 23(1), 93-102.
- Le-Duc, T. (2005). "Design and control of efficient order picking processes". Erasmus University Rotterdam, 9-15.
- Petersen, C. G., & Aase, G. (2004). "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking". *International Journal of Production Economics*, 92(1), 11-19.
- Randolph, W. (1993). "Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse". *IIE Transactions*, 25(4), 76-87.
- Roodbergen, K. J., & Koster, R. É. (2001). "Routing methods for warehouses with multiple cross aisles". *International Journal of Production Research*, 39(9), 1865-1883.
- Schwarz, L. B., Graves, S. C., & Hausman, W. H. (1978). "Scheduling policies for automatic warehousing systems: Simulation results". *AIIE Transactions*, 10(3), 260-270.
- Tompkins, J. A. (2010). "Facilities planning". Wiley, 432-442.
- Van den Berg, J. P. (1999). "A literature survey on planning and control of warehousing systems". *IIE Transactions*, 31(8), 751-762.

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*